基于 DSP TMS320F2812 的气体报警系统设计

Design of Gas Alarm System Based on DSP TMS320F2812

吴铭方　张玉政　陈书锦

（江苏科技大学材料科学与工程学院，江苏 镇江　212003）

摘　要：在工业现场中，检测有毒、可燃气体显得十分必要，因此，设计了一种以数字信号处理器（TMS320F2812）为核心的气体报警系统。该系统采用 CAN 现场总线增强各探测点与底层控制器之间的信息交换能力。底层主控制器与上位机之间采用以太网进行通信，实现了对系统的远程控制。详细介绍了系统工作原理、系统结构以及部分硬件设计的关键问题和程序流程图。系统运行结果表明，该系统性能稳定，具有较强的抗干扰能力和可靠的信息长距离传输能力。

关键词：气体检测　CAN 总线　以太网　数字信号处理器　通信网络

中图分类号：TP216 + .1　　**文献标志码**：A

Abstract: In industrial fields, it is necessary to detect toxic and combustible gases, so the gas alarm system with the DSP TMS320F2812 as the kernel has been designed. To enhance the capability of exchanging information among each detecting point and the bottom controller, the CAN field bus is adopted. Ethernet communication is used for communication between the host computer and bottom controller to implement remote control of the system. The operational principle and the structure of the system; the critical issues in partial hardware design and the flowchart of the program are introduced in detail. The operation of system shows that the system is stable and offers strong anti-interference capability and reliable information transmission in long distance.

Keywords: Gas detection　CAN bus　Ethernet　Digital signal processor(DSP)　Communication network

0　引言

随着社会的发展，气体与人类之间的关系越来越密切。气体种类繁多，其中有害气体严重影响了人们的工作与生活。为了保证人们生命财产的安全，对相关气体的检测就显得十分必要。目前市场上的报警系统可分为分线式和总线式 2 种。分线式报警系统技术较为成熟，但其不能满足多节点、大范围的探测要求；而总线式报警系统不仅可以解决以上问题，且管理方便。

目前，总线式报警系统多采用 RS-485 总线方式，但该类系统节点容量不大且系统不稳定[1]。基于以上问题，本系统采用了具有突出可靠性与实时性的 CAN 总线方式，既提高了系统容量（理论最大节点值有 110 个），又有效地保证了系统的稳定性与可靠性[2]。同时本系统还采用了 Ethernet 技术，为报警系统后期操作与管理提供了方便，实现了企业上层管理信息网络与企业底层现场网络之间的资源共享，符合目前工业控制领域的发展趋势[3-4]。

修改稿收到日期：2009-01-21。

第一作者吴铭方，男，1962 年生，现为江苏大学材料系在读博士研究生，教授；主要从事新材料连接方面的研究。

1　系统设计原理与结构

本系统由一个主控制器和多个探测器组成，主要完成被测现场相关气体浓度的检测与显示。探测器通过 CAN 总线向主控制器发送已检测到的数据，并响应主控制器的相关命令。当气体浓度达到报警值时，主控制器能够通过 LED 和蜂鸣器进行报警，并启动相应的联动设备。上位机通过以太网实现对主控制器的远程控制，并调取主控制器内的历史气体浓度数据。系统结构如图 1 所示。

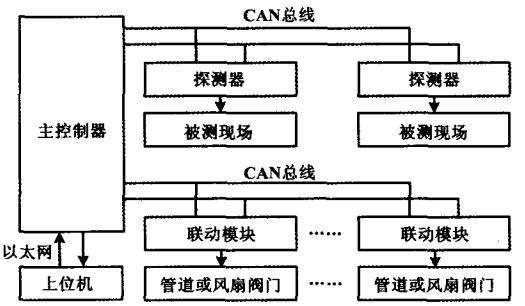

图 1　系统结构图

Fig. 1　Structure of the system

主控制器是本系统的核心部分，同时也是设计的难点和重点。主控制器包括 CAN 通信模块、以太网通信模

块、人机界面、电源模块、时钟模块等。主控制器负责处理相关数据和发送控制命令，包括对探测器发送的气体浓度数据进行分析，并通过液晶屏实时显示气体浓度信息。如浓度超过报警值时，要立刻声光报警并控制相关的联动模块动作；主控制器还要实时检测键盘按键是否被按下，并根据按键执行相关的动作；同时，主控制器还要实时响应上位机，并通过以太网传送的相关控制命令。

探测器主要负责将被测现场相关气体浓度转换成相应的数字量信号，并对数字信号进行分析、处理，最后通过 CAN 总线传递给主控制器。联动模块实现的功能比较简单。当气体浓度超标报警器报警时，相应的联动模块就会通过驱动继电器控制排风扇或气体管道阀门的开合，从而及时避免事故发生。

2　系统硬件设计

主控制器的微处理器性能关系到整个系统的总体性能，同时微处理器的选择还要考虑到价格的因素。综合以上因素，本系统选择 TI 公司推出的 32 位微处理器 TMS320F2812。它是目前工业控制应用领域中先进的 32 位定点 DSP 芯片，采用 8 级指令流水线，最高速度每秒钟可执行 1.5 亿条指令，保证了控制和信号处理的快速性和实时性。它采用高性能静态 CMOS 技术，低功耗设计，核心电压为 1.8 V，I/O 电压为 3.3 V，主频高达 150 MHz；哈佛总线结构；支持 JTAG 边界扫描（用于在线仿真调试和程序下载）；片内有高达 128 k × 16 位的 Flash 存储器，18 k × 16 位的数据/程序 RAM；可扩展的外部存储器接口，可寻址高达 4 MB 的程序/数据空间；片内包含可扩展的外部中断模块，支持 96 个外部中断，并具有 SPI、SCI 和扩展的 CAN 总线等接口。它同时支持 C/C ++ 编程语言，其 C 语言优化器的 C 编译效率可达 90%，可以大大缩短该系统的数学运算与控制程序的开发周期[5]。

2.1　电源电路的设计

稳定及合理的电源设计是系统能够正常工作的必备条件。本系统中的 TMS320F2812 为 3.3 V、1.8 V 供电，液晶屏、探测器为 5 V 供电，此外还有模拟和数字供电之分。15 V 直流电源由外部接入，其它所需电平由 15 V 转换得到。电源芯片 LM2576-5 实现将 15 V 转换为 5 V；SPX111-1.8、SPX111-3.3 分别实现将 5 V 转换为 1.8 V、3.3 V。数字电源和模拟电源之间采用 DC/DC5S5 电源隔离模块进行隔离，数字地和模拟地之间采用电感进行隔离。电源电路主要包括主电、备电和充电等电路，用来实现电路故障自检功能。

2.2　CAN 总线电路的设计

CAN 通信模块选用 MCP2551 作为 CAN 控制器。MCP2551 是 Microchip 公司生产的可容错的高速 CAN 总线收发器芯片，支持 1 Mbit/s 的运行速率，可连接高达 112 个节点；具有上电复位和电压欠压保护功能，采用差分总线，具有很强的抗噪特性。为了增强 CAN 总线节点的抗干扰能力，MCP2551 的 TXD 和 RXD 端口并不是直接与 TMS320F2812 的 TXD 和 RXD 相连，而是通过双通道数字隔离芯片 ADUM1201 相连，这样能很好地实现 CAN 总线上各节点间的电气隔离。隔离电路的 2 个3.3 V 电源和 V_{DD}之间采用电源隔离模块 DC/DC5S5 隔离。CANH 和 CANL 与地之间并联了 2 个 30 pF 的电容，可滤除总线上的高频干扰，同时还具有防电磁辐射的能力。MCP2551 的 CANH 和 CANL 引脚各自通过 1 个 5 Ω的电阻与 CAN 总线相连。该电阻可起到一定的限流作用，从而保护 MCP2551 免受过流的冲击。另外在2 根CAN 总线接入端与地之间各反接了 1 个保护二极管。当 CAN 总线上有较高负电压时，二极管短路，可起到过压保护作用。MCP2551 的 RS 脚接有1 个斜率电阻器，其阻值可根据总线通信速度适当调整[6]，本系统选择 47 kΩ 的电阻。CAN 总线接口电路如图 2 所示。

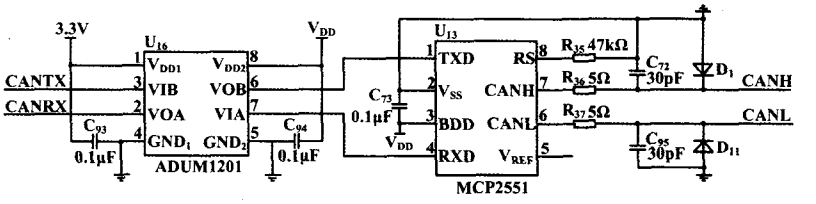

图 2　CNA 总线接口电路图

Fig. 2　Interface circuit of CAN bus

2.3　LCD 电路的设计

CM320240-7 是一个支持文字与绘图模式的点矩阵液晶显示模块，内建 512 kB 的 ROM 字形码，可以显示中文字型、数字符号以及英、日、欧等各种语种。在文字模式中，CM320240-7 可以接收标准中文文字内码并直接显示中文，而不需要进入绘图模式以绘图方式描绘中文，这就节省了许多微处理器处理的时间，提升了液晶屏显示中文的处理效率。

CM320240-7 与 TMS320F2812 之间加入了 SN74ALVC-16245 进行电平转换。SN74ALVC16245 是 16 位（双 8 位）的总线放大收发器，它由 2 路分离的电源供电。数据输入/输出口 B 的供电电源 V_{CCB} 可以分别供给 3.3 V 和 5 V，而数据输入/输出口 A 的供电电源 V_{CCA} 可以分别供给 2.5～3.3 V，从而允许电平在 2.5～3.3 V 之间或 3.3～5 V 之间进行双向转换，转换的方向由 DIR 端控制，从而实现了3.3～5 V 之间的电平转换[7]。

2.4　以太网电路的设计

本系统设计了以 ENC28J60 为核心的以太网接口实现方案，ENC28J60 既能提供相应的功能，又可以大大简化电路的相关设计。此外，它还采用业界标准的 SPI 串行接口，只需 4 条连线即可与主控单片机连接。以太网电路设计方法结合了由 Microchip 免费提供的用于单片机的 TCP/IP 软件堆栈，使之成为目前市面上最小的嵌入式应用以太网解决方案之一[7]。

ENC28J60 引脚很简单。SPI 接口和 DSP 相连接，网络的 4 个引脚经网络变压器连接到 RJ45 接口。2 个中断引脚分别接 DSP 的外部中断或者连接到通用 I/O 口；2 个指示灯引脚外接发光管分别连接到地或者电源，其余引脚是电源和地。以太网接口电路如图 3 所示，ENC28J60 供电电压为 3.3 V。

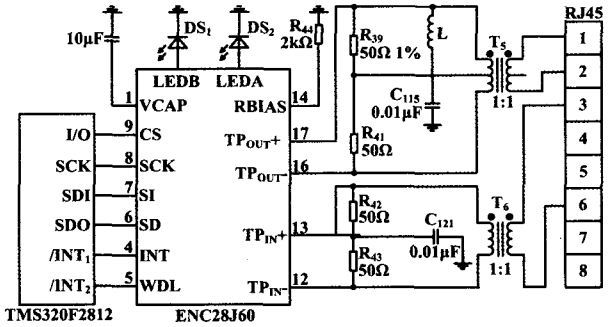

图 3　以太网接口电路图

Fig. 3　Interface circuit of Ethernet

ENC28J60 内部集成 2.5 V 稳压器，要使之稳定工作，需要在 VCAP 引脚与地之间外接 1 个 10 μF 电容。由于 ENC28J60 内部稳压器无法驱动外部负载，所以电源引脚必须与同一个外部 3.3 V 电源相连，并且在每个电源引脚与地之间都应连接 1 个 0.1 μF 的瓷片电容，而且电容应尽可能地靠近引脚。L 为 100 μH 的电感，其额定电流至少应为 100 mA。ENC28J60 的内部模拟电路需要在 RBIA 引脚与地之间外接 1 个 2 kΩ（精度为 1%）的电阻。为了实现电气隔离、消除部分谐波、有效地降低零地间的电压，需要在 ENC28J60 与 RJ45 接口之间接 1 个网络变压器。TP_{IN} 和 TP_{OUT} 端分别需要接 2 个 50 Ω（精度为 1%）的电阻和 1个电容值为 0.01 μF 的电容[8]。

3　系统软件设计

所有程序的编写是在数字信号处理器 DSP 集成开发环境 CCS 下完成。

软件设计采用模块化编程方法，对 TMS320F2812 的开发可以用汇编语言，也可以选用 C/C++ 语言。使用汇编语言的优点在于运行速度快，可以充分利用芯片的硬件特性，但其开发速度较慢，程序的可读性差。使用 C/C++ 语言的优势在于程序编写容易、调试速度快、可读性好、程序的可维护性好、可以大大缩短开发周期；但 C/C++ 语言不能对其片内没有映射地址的特殊功能寄存器进行操作。本系统选择汇编语言与 C++ 语言混合编写，这样不仅可以提高编程效率和程序编写过程中的灵活性，而且还为以后系统的维护与升级带来方便。系统程序流程如图 4 所示。

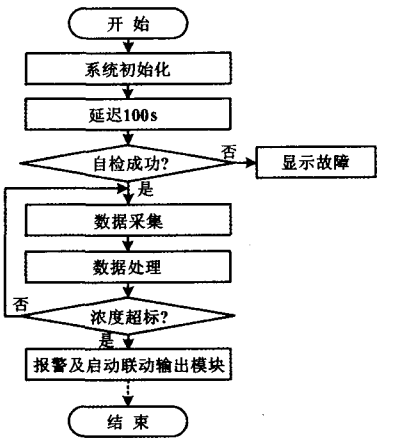

图 4　系统程序流程图

Fig. 4　Flowchart of the system

系统启动后，首先对微处理器及各芯片进行初始化，显示开机主菜单界面并延迟 100 s，然后进行系统自检。如果系统自检未成功，则要显示故障部位。系统通过自检后，主控制器在 CAN 总线上作为主机轮询 CAN节点上的探测器，采集各节点上探测器数据。主控制器将采集到的数据和自身数据库中的数据进行比较、处理后，判定气体浓度是否超标。如果超标，则启动相对应的联动输出模块并声光报警；如果气体浓度未超标，主控制器则继续轮询 CAN 节点采集数据。

4　结束语

本报警系统具有性能稳定、节点容量大、可靠性

（下转第 54 页）

3　软件设计和测试结果

仪器软件部分主程序具体流程如图 4 所示[7]。

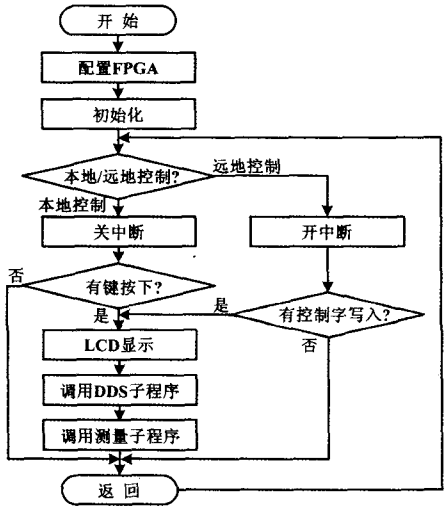

图 4　主程序流程图

Fig. 4　Flowchart of the main program

表 1 ~ 表 2 是在频率为 1 kHz、幅值为 5 V 的情况下，分别对电感(标称值为 2 mH)、电容(标称值为0.47 μF)、电阻进行测量的结果。

表 1　电容、电感测量数据表

Tab. 1　Measuring data of capacitance and inductance

测量次数	电容/C	电感/mH
1	0.486 4	1.974 3
2	0.473 1	1.986 3
3	0.479 9	1.958 8
4	0.479 8	1.981 3
5	0.481 8	1.989 4
6	0.477 7	1.987 9

表 2　电阻测量数据表

Tab. 2　Measuring data of resistance

标称值/Ω	测量值/Ω	绝对误差/%	相对误差/%
20.00	19.827 5	0.172 5	0.862 5
220.00	220.756 3	0.243 7	0.110 8
2 000.00	1 991.800 0	8.200 0	0.410 0

4　结束语

本文提出的基于DDS的可程控高精度 LCR 测试仪设计方案，充分发挥了 FPGA 功耗低、存储空间大、时序逻辑功能强的特点，大大简化了硬件电路，提高了测量精度和抗干扰能力。同时本仪器采用阻抗-相角法结合填充计数法来自动测量 L、C、R，提高了测相精度，同时也避免了传统测量方法的测量时间长、测量精度不高、仪器结构复杂等缺点，取得了很好的测量效果。此外，本仪器还设有接口模块，实现了仪器的可程控。

参考文献

[1] 薛文. DDS 任意波形发生器的设计与实现[D]. 南京：南京理工大学，2004.

[2] 褚人乾. 直接数字式频率合成(DDS)理论与应用研究[D]. 长沙：国防科技大学，1998.

[3] 陈嘉佳，潘志浩，王天麟. 一种基于 DDS 芯片 AD9959 的高精度信号发生器[J]. 自动化仪表，2007，28(4)：50 - 51.

[4] 王冠，黄熙，王鹰，等. Verilog HDL 与数字电路设计[M]. 北京：机械工业出版社，2006：168 - 181.

[5] 张洪润，刘秀英，张亚凡，等. 单片机应用设计 200 例[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2006：52 - 55.

[6] 郑步生，吴渭. Multisim 2001 电路设计及仿真入门与应用[M]. 北京：电子工业出版社，2000：89 - 101.

[7] 张俊谟. 单片机中级教程原理与应用[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2001：72 - 92.

(上接第 51 页)

高、后期维护方便等优点，特别是 Ethernet 技术的应用，它实现了工业现场气体浓度信号在企业 Internet 上的及时发布以及在 Internet 的任何位置对现场报警设备进行在线控制，从而实现了控制网络真正意义上的开放性。实践表明，基于 DOS 的可程控高精度 LCR 系统完全符合工业控制的发展方向，具有一定的应用前景。

参考文献

[1] 韩耀振，周风余，张德才. 基于 CAN/485 总线的可燃气体报警系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用，2008(1)：62 - 65.

[2] 饶运涛，邹继军，郑勇芸. 现场总线 CAN 原理与应用技术[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2003.

[3] 陈维刚，费敏锐. 工业控制系统的网络化发展[J]. 工业仪表与自动化控制，2004(1)：10 - 13.

[4] 贾东耀，汪仁煌. 工业控制网络结构的发展趋势[J]. 工业仪表与自动化装置，2002(5)：12 - 15.

[5] 万山明. TMS320F281x DSP 原理及应用实例[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2007.

[6] 朱芳. 利用 PIC18FXX8 进行 CAN 总线系统节点设计[J]. 电子工程师，2004，30(10)：13 - 15.

[7] 黄娟娟. 基于 DSP 控制的多气体监测器的设计[D]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学，2006.

[8] 张伟业，黄云龙，陈国定. 基于 ENC28J60 以太网通信接口的设计与实现[J]. 机电工程，2008，25(1)：28 - 30.